



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 41 33 209 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
G 01 W 1/02

②1 Aktenzeichen: P 41 33 209.1
②2 Anmeldetag: 7. 10. 91
④3 Offenlegungstag: 8. 4. 93

DE 41 33 209 A 1

⑦1 Anmelder:

König, Herbert, Prof. Dr.-Ing., 8000 München, DE;
Betz, Hans-Dieter, Dr., 8050 Freising, DE; Kulzer,
Rainer, 8300 Ergolding, DE

⑦4 Vertreter:

König, H., Dr., 8000 München

⑦2 Erfinder:

gleich Anmelder

⑤4 Verfahren zur Verwertung der durch elektromagnetische Strahlung natürlichen Ursprungs anfallenden Daten zur Lokalisation und Vorhersage meteorologischer Prozesse und zur Gewinnung biometeorologischer Informationen

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verwertung der durch elektromagnetische Strahlen natürlichen Ursprungs anfallenden Daten zur Lokalisation und Vorhersage meteorologischer Prozesse und zur Gewinnung biometeorologischer Informationen, wobei die Erfassung der hierzu nötigen Daten dieser elektromagnetischen Strahlungen mit geringstmöglichem Verlust an Informationsgehalt und zu diesem Zweck hinreichend breitbandig erfolgt. Mit Hilfe von wenigstens zwei rechtwinklig angeordneten Spulen, die im Kurzschluß betrieben ein frequenzunabhängiges Maß für die Stärke der jeweiligen Magnetfeld-Komponenten liefern, und der gleichzeitigen Messung des elektrischen Feldes wird eindeutig die Empfangsrichtung solcher Signale ermittelt, mit Hilfe von mindestens zwei weiteren, in einem hinreichend großen Abstand betriebenen Meßstationen, mittels Kreuzpeilung deren Ursprungsort. Zur eigentlichen Verarbeitung der empfangenen Signale kommt je Meßstation mindestens ein Rechner zum Einsatz: Fast Fourier Transformation, Ermittlung von Maxima im Spektrum, deren jeweilige Güte, Aufsummierung von Spektren, Lokalisation der meteorologischen Prozesse, Erstellung von speziellen Wetterprognosen für bestimmte Ortsbereiche, Erstellung einer Aktivitätslandkarte auf dem Bildschirm, Erstellung von biometeorologischen Daten usw., sind dessen Aufgaben.

DE 41 33 209 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erfassung der Daten elektromagnetischer Strahlungen in der Atmosphäre, die natürlichen Ursprungs sind, dadurch meteorologische Prozesse entstehen, sich meßtechnisch nachweisbar bis zu einigen tausend Kilometer Entfernung ausbreiten und vorzugsweise dem Frequenzbereich von 1 kHz bis 100 kHz zuzuordnen sind.

Die Erforschung elektromagnetischer Strahlung, die in natürlichen meteorologischen Vorgängen ihren Ursprung hat, wird seit rund 30 Jahren intensiv betrieben. Anfänglich ging man dabei davon aus, daß praktisch ausschließlich es Blitzentladungen sind, die für die hier zu beobachtenden elektromagnetischen Wellen verantwortlich zeichnen. International wurden daher diese Erscheinungen als "Atmospherics", kurz "Sferics" bezeichnet. Aus Gründen, wie sie in den geophysikalischen Gegebenheiten in der Luftschicht um unsere Erdoberfläche etwa bis in einige 100 km Höhe gegeben sind (Existenz einer Ionosphäre) treten diese Atmospherics im wesentlichen bevorzugt mit Frequenzen auf, die den Bereichen um 10 Hz oder um 10 kHz zuzuordnen sind. Einen umfassenden Überblick über den Stand der Forschung hierzu gibt Hans Volland (CRC Handbook of Atmospherics, Volume I, II, CRC Press, Inc., 1982). In neuerer Zeit befaßten sich auch J. Eichmeier und H. Baumer mit dieser Strahlung (Das natürliche elektromagnetische Impulsspektrum der Atmosphäre; Arch. Med. Geoph. Biocl., Ser. A, 31, 249, 261, 1982; Die verschiedenen Atmospherics-Impulsformen und ihre Ausbreitungsbedingungen, H. Baumer, J. Eichmeier, Arch. Med. Geoph. Biocl., Ser. A, 32, 155—164, 1983).

Über die Peilung von derartigen Prozessen berichteten G. Heydt (Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung, Technischer Bericht Nr. 90, Berlin-Charlottenburg, 1967) sowie J. Pelz und H. J. Swantes (Kleinheubacher Berichte Nr. 29, 1986) oder W. Harth, G. Heydt, J. Frisius, J. Pelz (Zur Bestimmung der geographischen Verteilung der Gewittertätigkeit aus der atmosphärischen Impulsstrahlung, Berliner Wetterkarte 24/72, 1972). Auch Baumer, Metz (DE 33 20 908 A1, 1983) beschreibt ein Verfahren zur Überwachung des Wettergeschehens mittels Bestimmung der Ereignishäufigkeiten in verschiedenen Frequenzbändern. Mit der biologischen Wirkung dieser Strahlung befaßten sich G. Hoffmann, S. Vogel, H. Baumer, O. Kempfski, G. Ruhenstroth (Significant correlations between certain spectra of atmospherics and different biological and pathological parameters, Int. J. Biometeorol. 34 : 247—250, 1991) oder J. Pelz, H. J. Swantes (Statistische Untersuchungen über das Auftreten von Stumpf- und Phantomschmerzen sowie ihre mögliche Abhängigkeit von luftelektrischen Erscheinungen, Kleinheubacher Berichte Nr. 29, 1986).

Ein Verfahren zur Vorwarnung von Patienten mit klimatisch beeinflussten Krankheiten, wie z. B. Epilepsie und Herzinfarkt, und Schaltanordnung hierzu ist von Ruhenstroth-Bauer, Gerhard (Europäisches Patentamt, Veröffentlichungsnummer 01 20 991 A2) bekannt. Zu diesem Zweck werden hier die sinusförmigen Sferic-Impulse der Frequenz 28 kHz und die sinusförmigen Sferic-Impulse der Frequenz 10 kHz mittels eines Sferic-Selektors gemessen, die Impulsrate dieser Sferic-Impulse über einen vorbestimmten Zeitraum ermittelt und die Differenz der Impulsraten der Sferic-Impulse von 28 kHz und der von 10 kHz gebildet. Der Nachteil der hier verwendeten technischen Meßvorrichtung besteht in der An-

wendung einer analogen Filtertechnik, die den in der Natur gegebenen Verhältnissen nicht gerecht werden kann. Die hier angesprochenen Sferic-Impulse existieren in der Natur fast ausschließlich nur mit einem breiten Frequenzspektrum, mit teilweise mehr als einem Frequenzmaximum und nicht als sinusförmige Schwingung mit einer konkreten Frequenz. Den beobachteten biologischen Vorgängen ist somit keine eindeutige physikalisch-meteorologische Begründung zuzuordnen.

Alle bisherigen meßtechnischen Untersuchungen auf diesem Gebiet haben den Mangel, daß sie unter Anwendung einer Analogmeßtechnik, beispielsweise durch Verwendung schmalbandiger Meßantennen oder analoger Filter, einen wesentlichen Informationsgehalt der ursprünglichen Signale verlustig gingen.

Dieser Mangel wird bei der Erfindung dadurch vermieden, daß die Erfassung der Daten dieser elektromagnetischen Strahlungen mit geringstmöglichem Verlust an Informationsgehalt und damit hinreichend breitbandig erfolgt und aus diesen in digitaler Form verarbeiteten Meßdaten abgeleitet werden spezielle Wetterprognosen für einen bestimmten Ortsbereich und/oder eine Lokalisation der meteorologischen Prozesse und/oder biometeorologische Informationen, die mit der biologischen Wirkung dieser elektromagnetischen Strahlung zusammenhängen.

Weiter sind Maßnahmen vorteilhaft, wie sie in den Unteransprüchen 2—27 der Patentansprüche beschrieben sind.

Die Erfindung sei anhand eines Beispiels näher erläutert.

Eine Gesamtübersicht der Meßstation, wie sie erfindungsgemäß für das Verfahren zur Erfassung der Daten elektromagnetischer Strahlungen in der Atmosphäre, die natürlichen Ursprungs sind, durch meteorologische Prozesse entstehen und vorzugsweise dem Frequenzbereich von 1 kHz bis 100 kHz zuzuordnen sind, gibt das im Bild 1 gezeigte Blockschaltbild. Demnach kommen 3 magnetische Antennen (1, 2, 3) zur Verwendung, wie sie üblich durch orthogonal angeordnete aktiven Meßantennen inklusive einem Verstärker (4, 5, 6) Verwendung finden. Hinzu kommt noch eine Antenne (7) mit Verstärker (8) zur Erfassung des elektrischen Feldes. Alle 4 Antenneneinheiten (1, 2, 3, 4) arbeiten grundsätzlich als Breitbandantennen.

Um die, wegen der vorhandenen extremen Bandbreite, durch die Antenne empfangenen technischen Störungen (z. B. Sender) zu eliminieren, ist jeder der 4 Antennen (1, 2, 3, 4) ein spezieller Bandpaß (9, 10, 11, 12) nachgeschaltet, wodurch die externe Bandbreite der Systeme entsprechend reduziert wird, ohne daß dabei die charakteristische Breitbandigkeit des Signalempfangs verloren geht.

Danach schließt sich für jeden der 4 Antennenkanäle ein Analog-Digitalwandler (13) an, wodurch die Erfassung und weitere Verarbeitung der Daten der elektromagnetischen Strahlung mit einem Rechnersystem (14) durchgeführt werden kann. Dieses beinhaltet ein intelligentes Interface (Triggerlogik (15), Timer (16), Speicher (17)) und Rechner (18) mit Peripherie, z. B. einem DCF 77-Empfänger (19) zur genauen Zeitbestimmung.

Zu den einzelnen Bauteilen der Meßanlage sind folgende wesentliche Bemerkungen zu machen.

Zur Messung der einzelnen Komponenten des magnetischen Feldes werden Luft-Rahmenantennen verwendet, wobei der induzierte Strom, wie er in der jeweils praktisch im Kurzschluß betriebenen einzelnen Empfangsspule vorhanden ist, die nötige Signalinforma-

tion liefert. Wesentlich ist hierbei, daß dieser Strom zum äußeren Magnetfeld direkt proportional ist, da sowohl die induzierte Spannung wie auch der die Stärke des Stroms bestimmende Blindwiderstand der Spule sich gleichermaßen frequenzproportional ändert. Zur Erzeugung einer Meßspannung ist ein Meßwiderstand in die Spule eingebracht. Die Spulen sind gegen das elektrische Feld besonders gut abgeschirmt, um Störungen und Fehlinformationsverarbeitung zu vermeiden. Der den drei Meßspulen (1, 2, 3) jeweils nachgeschaltete Verstärker (4, 5, 6) ist im wesentlichen durch das im Bild 2 beschriebene Blockschaltbild beschrieben.

Zur Messung der elektrischen Komponente von VLF-Sferics wurde eine spezielle Antenne neu entwickelt. Ihre wichtigsten Merkmale sind die große Bandbreite, eine vom Aufstellungsort weitgehend unabhängige Empfindlichkeit sowie die im Vergleich zu Langdraht-, Kugel- oder Stabantennen äußerst kompakte Bauweise. Es wurde dabei das Prinzip einer Potentialmessung über künstlicher Massefläche angewandt. Gemessen wird das Potential an einer kleinen Meßelektrode, die sich über der Mitte einer künstlichen Massefläche befindet. Das Hauptproblem bei einer solchen Meßmethode, der sehr schnell endlich werdende Widerstand des Isolators zwischen den jeweiligen Meßelektroden, wurde durch eine spezielle Widerstandstransformationsschaltung gelöst. Der Antennenverstärker ist mit einem extrem hochohmigen Eingangswiderstand ausgestattet. Statische Aufladungen der Antenne sowie interne temperaturabhängige Offsetströme sind durch eine aufwendige Regelschaltung kompensiert. Das Ausgangssignal der einzelnen Verstärker kann über eine 50 Ohm-Coaxialleitung abgegriffen werden. Im Bild 3 zeigt der Blockschaltplan des Antennenverstärkers für das elektrische Feld die einzelnen Bauelemente.

Alle aktiven Meßantennen haben eine Übertragungsbandbreite von etwa 3 Dekaden um den Frequenzschwerpunkt von 10 kHz. Die jeweils nachgeschalteten Bandpässe reduzieren die Bandbreite auf etwa 2 Dekaden. Die Anpaßfilter bestehen jeweils aus einem Tief- und einem Hochpaß in Kaskadenschaltung. Durch die Verwendung von Einzelfiltern zweiter Ordnung wird eine Steilheit von 40 db/Dekaden erreicht. Sie sind als aktive RC-wider mit Einfachmitkopplung aufgebaut. Durch die Verwendung einer Besselcharakteristik lassen sich im Durchlaßbereich geringe Gruppenlaufzeitdifferenzen erreichen. Pufferstufen am Eingangsfilter garantieren ein hohes Maß an Rückwirkungsfreiheit und machen den Bandpaß von der kapazitiven Last der Anschlußkabel weitgehend unabhängig.

Mit Hilfe einer speziell entwickelten Software und unter Hinzuziehung einer zweiten Meßstation, die von der ersten hinreichend weit entfernt ist, können die empfangenen Meßdaten entsprechend verarbeitet werden: Analyse eines einzelnen Signals mit Hilfe der Fast Fourier Transformation (FFT) zur Ermittlung der spektralen Eigenschaften; Ermittlung von einem oder mehreren Maxima im Frequenzspektrum; Ermittlung der Güte des Maximums im Frequenzspektrum, Aufsummierung von Spektren; Feststellung der Empfangs-Richtungsachse mittels der Komponenten des Magnetfelds und unter Hinzuziehung der Phasenlage des elektrischen Feldes die eindeutige Einfallsrichtung; Bestimmung des Entstehungsorts mittels Kreuzpeilung beim Betrieb von wenigstens 2 getrennt aufgestellten Meßstationen; Analyse der Phasendifferenz zwischen der elektrischen und magnetischen Komponente und der Umsetzung in eine Entfernungsbewertung bezüglich

des Entstehungsorts; Aufbereitung der empfangenen Signale über längere Zeiträume sowie meteorologische oder biometeorologische Interpretation der gewonnenen Informationen; Übertragung der gewonnenen Meßdaten auf einen Bildschirm mit Landkarte, u. ä.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erfassung der Daten elektromagnetischer Strahlungen in der Atmosphäre, die natürlichen Ursprungs sind, durch meteorologische Prozesse entstehen, sich meßtechnisch nachweisbar bis zu einigen 1000 km Entfernung ausbreiten und vorzugsweise dem Frequenzbereich von 1 kHz bis 100 kHz zuzuordnen sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassung der Daten dieser elektromagnetischen Strahlungen mit geringstmöglichem Verlust an Informationsgehalt und damit hinreichend breitbandig erfolgt und aus diesen in digitaler Form verarbeiteten Meßdaten abgeleitet werden spezielle Wetterprognosen für einen bestimmten Ortsbereich und/oder eine Lokalisation der meteorologischen Prozesse und/oder biometeorologische Informationen, die mit der biologischen Wirkung dieser elektromagnetischen Strahlung zusammenhängen.
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Empfang der elektromagnetischen Strahlungen Breitband-Antennen benutzt werden.
3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Empfang der magnetischen Komponente der Strahlungen vorzugsweise Spulen Verwendung finden, deren Kurzschlußstrom oder deren integrierte Leerlaufspannung über die gesamte Bandbreite vorzugsweise ein frequenzunabhängiges Maß für das magnetische Feld darstellt.
4. Vorrichtung gemäß Anspruch 1—3, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung des Betrages der magnetischen Feldstärke vorzugsweise mittels dreier orthogonal angeordneter Spulen und durch Aufsummierung der quadratischen Werte der einzelnen Feldkomponenten erfolgt.
5. Vorrichtung gemäß Anspruch 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der magnetischen Komponente mittels anderer, magnetfeldempfindlicher Meßsonden erfolgt, beispielsweise mittels Hall-Sonden.
6. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der elektrischen Feldkomponente der Strahlungen sich vorzugsweise zur Erzielung eines in horizontaler Richtung richtungsabhängigen Signalempfangs auf die Vertikalkomponente des Feldes beschränkt.
7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Feld durch eine hinreichend hochohmige Messung der im Raum vorhandenen elektrischen Potentialdifferenz erfolgt, wobei mittels einer speziellen elektronischen Schaltung die Hochohmigkeit der zur Potentialdifferenzmessung nötigen Elektroden gegenüber Erde/Masse von äußeren Einflüssen weitgehend unabhängig gehalten wird.
8. Vorrichtung gemäß Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine vom Aufstellungsort weitgehend unbeeinflußt arbeitende Antenne

durch die Einführung eines künstlichen Erdpotentials erreicht wird.

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 1–8, dadurch gekennzeichnet, daß die typischerweise in einzelnen Wellenzügen auftretenden elektromagnetischen Strahlungen bezüglich ihrer spektralen Eigenschaften mit Hilfe der Fast Fourier Transformation (FFT) analysiert werden.

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetischen Strahlungen frequenzmäßig einem Maximum oder mehreren Maxima des Frequenzspektrums zugeordnet werden.

11. Vorrichtung gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die sogenannte Güte des Maximums ein Maß dafür darstellt, wie charakteristisch eine Maximumsfrequenz zu bewerten ist.

12. Vorrichtung gemäß Anspruch 9–11, dadurch gekennzeichnet, daß eine für einen bestimmten Zeitraum und für einen bestimmten Entstehungsort typische Signalform der elektromagnetischen Strahlungen durch Aufsummierung von Spektren beschrieben wird.

13. Vorrichtung gemäß Anspruch 9–12, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitabhängig anfallenden Daten und Informationen für spezielle kleinräumige wie auch großräumige Wetterprognosen im näheren und/oder entfernten Bereich Verwendung finden wie er durch den Ursprung der meteorologischen Prozesse jeweils gegeben ist.

14. Vorrichtung gemäß Anspruch 1–13, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangs-Richtungsachse mittels der Komponenten des Magnetfeldes gewonnen werden, wie sie vorzugsweise durch drei orthogonal angeordnete Spulen gemessen werden.

15. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die eindeutige Einfallsrichtungsbestimmung über die Phasenlage von E-Feld und H-Feld für ein jeweils zu beobachtendes Signal erfolgt.

16. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verbesserung der Feststellung der Empfangs-Richtungsachse eine Minimumpeilung verwendet wird und/oder drei um jeweils 120 Grad verdrehte Spulen empfangsmäßig entsprechend ausgewertet werden.

17. Vorrichtung gemäß Anspruch 1–16, dadurch gekennzeichnet, daß zur Peilung des Entstehungsorts der elektromagnetischen Strahlung wenigstens zwei an getrennten Orten aufgestellte Empfangsstationen verwendet werden.

18. Vorrichtung gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß drei räumlich getrennte Empfangsstationen verwendet werden, die sich vorzugsweise entfernungsmäßig auf einem gleichseitigen Dreieck befinden.

19. Vorrichtung gemäß Anspruch 17 und 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Entfernung zwischen wenigstens zwei räumlich voneinander getrennten Meßstationen optimal auf die Entfernung des Bereichs angepaßt ist, für den eine besonders gute Ortungsgenauigkeit erwünscht ist.

20. Vorrichtung gemäß Anspruch 1–16, dadurch gekennzeichnet, daß zur Peilung des Entstehungsorts der elektromagnetischen Strahlung mit Hilfe nur einer Meßstation die frequenzabhängige Phasendifferenz zwischen der elektrischen und der magnetischen Feldkomponente vorzugsweise in Ver-

bindung mit einer gesonderten Betrachtung der Frequenzabhängigkeit der Gruppenlaufzeit der beiden Feldkomponenten ausgewertet wird.

21. Vorrichtung gemäß Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die hier gewonnenen Informationen, ergänzt durch das Spektrum der Amplitude der Signale, Rückschlüsse auf den meteorologischen Zustand, wie er sich zwischen Entstehungs- und Empfangsort der Signale darstellt, zulassen.

22. Vorrichtung gemäß Anspruch 1–21, dadurch gekennzeichnet, daß mit Hilfe des Verfahrens gewonnene Daten zeitmäßig, vorzugsweise über 24 Stunden, entsprechend aufbereitet werden, beispielsweise die Anzahl der empfangenen Signale pro bestimmte Zeiteinheit, die dominierende Frequenz der Signale als Funktion der Zeit oder die sogenannte Güte des Frequenzmaximums im Frequenzspektrum als Funktion der Zeit, damit sie als laufend anfallende Information für spezielle Zwecke, wie beispielsweise Wetterprognose oder zur Erstellung biometeorologischer Informationen verwendet werden können.

23. Vorrichtung gemäß Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitabhängige Darstellung der gewonnenen Daten auf einem Bildschirm mit Landkarte erfolgt, wo zu erkennen ist der Ursprung einer bestimmten Anzahl oder die Anzahl während einer bestimmten Zeiteinheit von entstandenen Signalen, das Alter eines Signalentstehungspunktes, die Häufigkeit des Befalls eines Plan-Quadrats und die Signalintensität unter Bewertung der Entfernung zwischen Entstehungsort und Beobachtungsort.

24. Vorrichtung gemäß Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die durch einen Farbbildschirm gegebenen Möglichkeiten zur Informationsdarstellung genutzt werden.

25. Vorrichtung gemäß Anspruch 1–24, dadurch gekennzeichnet, daß zur Vorhersage meteorologischer Prozesse und zur Gewinnung biometeorologischer Informationen speziell die Daten verwendet werden, wo überwiegend nur die elektrische Komponente der elektromagnetischen Strahlung zu beobachten ist.

26. Vorrichtung gemäß Anspruch 1–25, dadurch gekennzeichnet, daß die laufend gewonnenen Informationen als Daten-Service allgemein und/oder für spezielle Interessenten entsprechend aufbereitet zur Verfügung gestellt werden.

27. Vorrichtung gemäß Anspruch 1–26, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der zur Erfassung und Verarbeitung der Daten elektromagnetischer Strahlungen in der Atmosphäre nötige Vorrichtung beweglich aufgebaut ist, beispielsweise in einem Kraftfahrzeug, Schiff oder Flugzeug.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

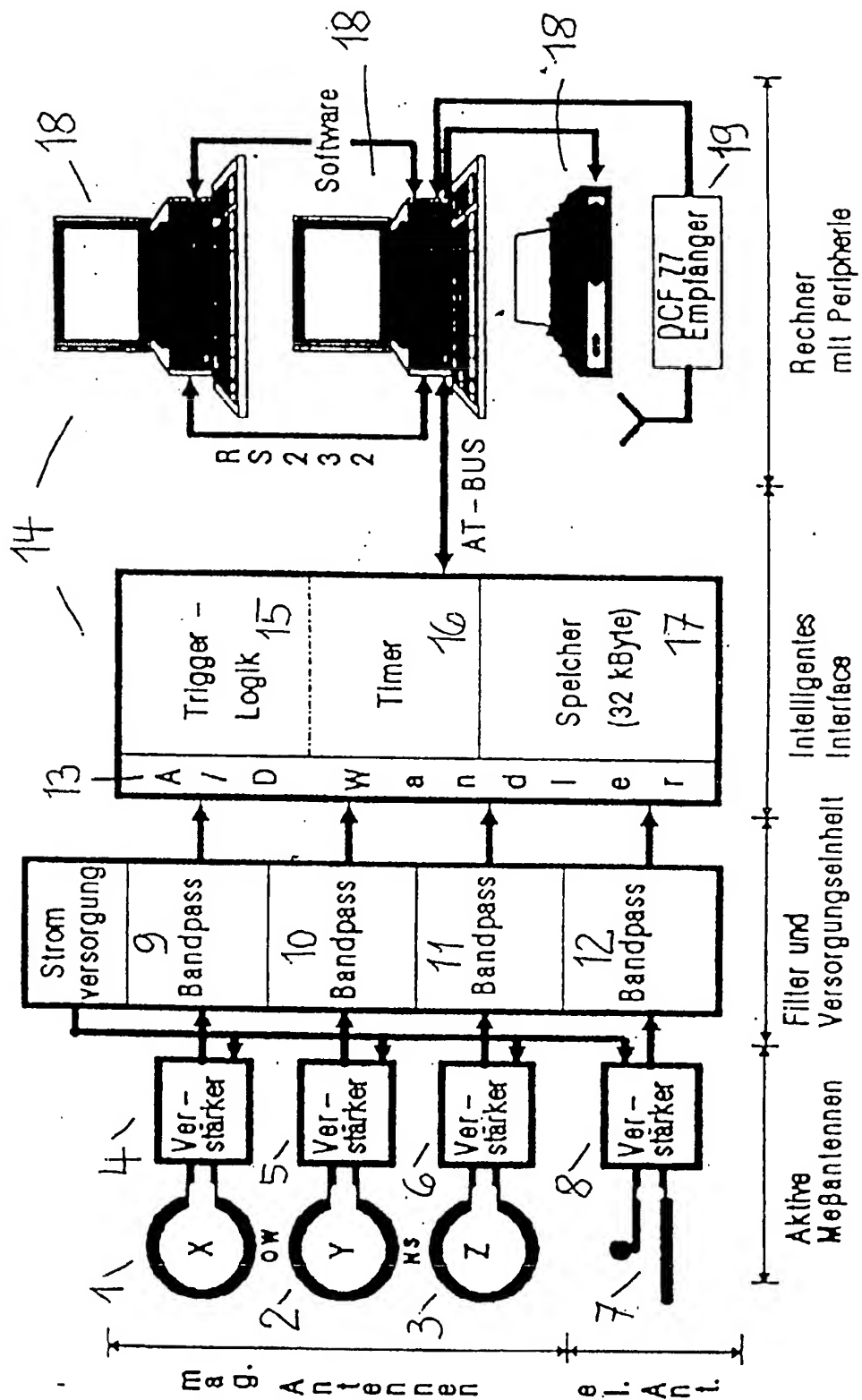


Bild 1

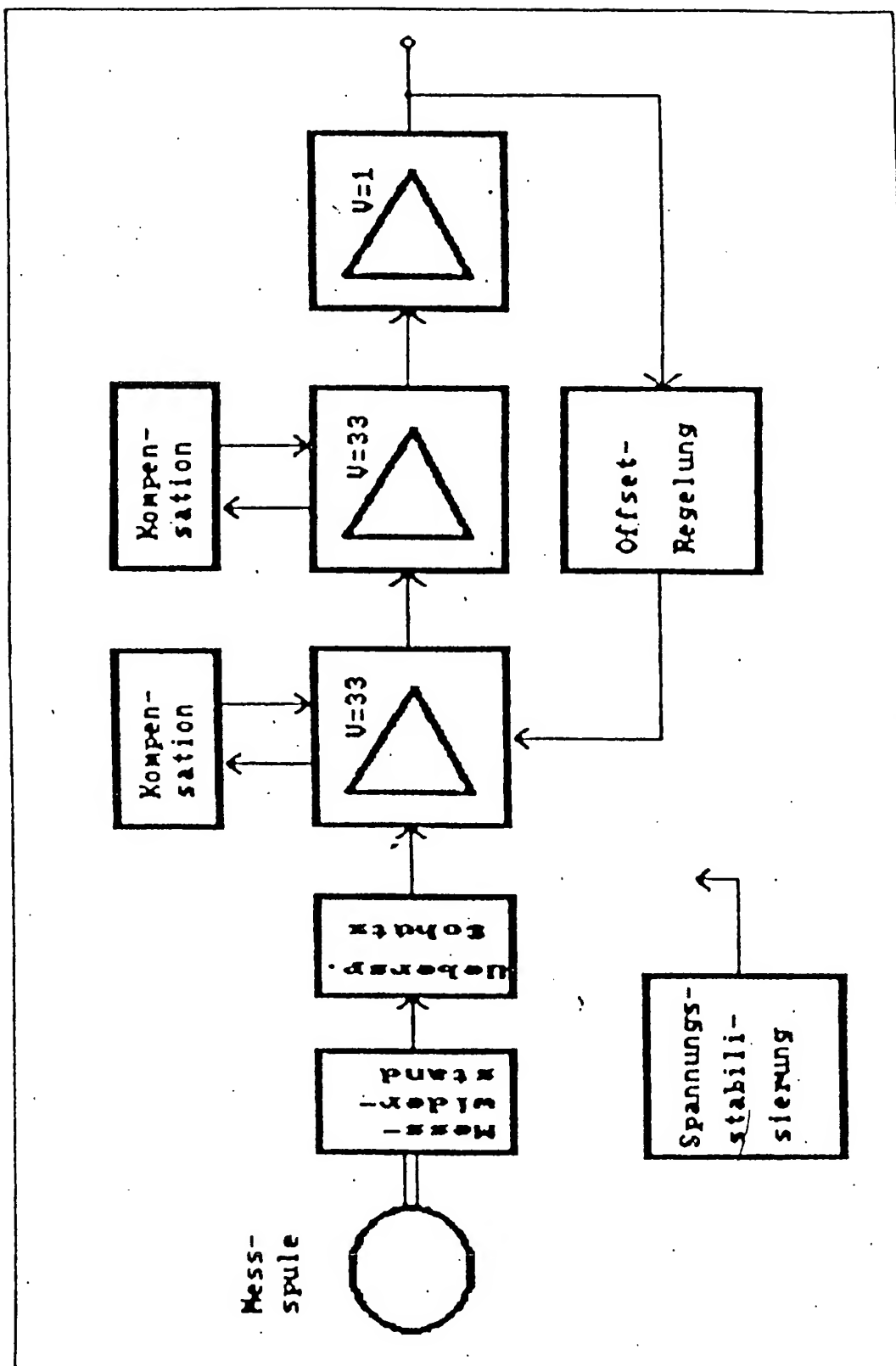


Bild 2

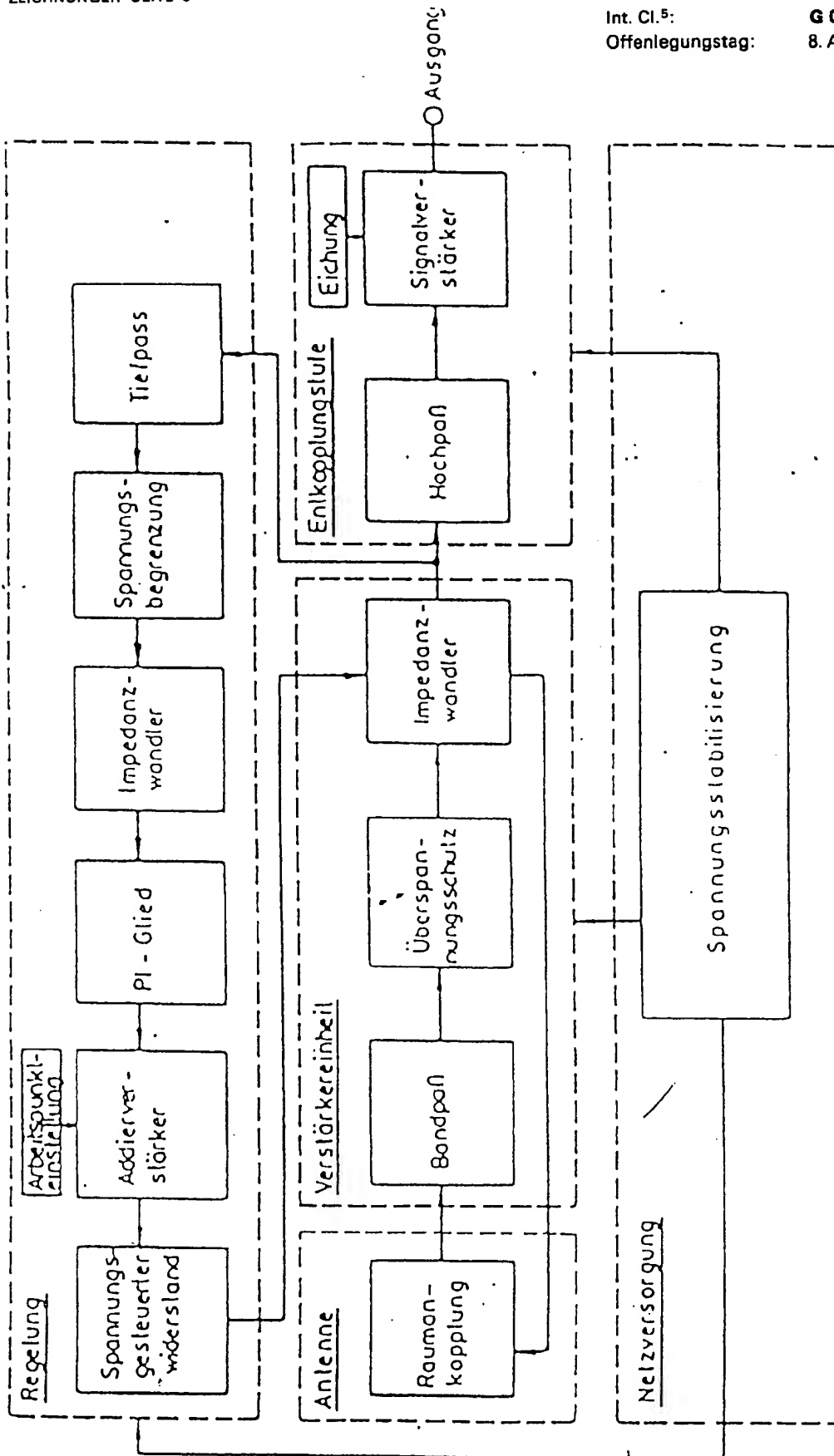


Bild 3